



Uso de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal

Use of algal biomass in the production of feed for animal nutrition

Autores

✉ **Francisco Javier Vásquez García**

✉ ***Ever Dario Morales Avendaño**

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manabí, Ecuador.

* Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Vásquez García, F. J. y Morales Avendaño, E. D. (2022). Uso de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal. *La Técnica*, 12(1), 45-53. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v27i1.4801>

Recibido: Febrero 18, 2022

Aceptado: Mayo 17, 2022

Publicado: Junio 30, 2022

Resumen

Las algas poseen aporte proteico, de minerales, fibras, antioxidantes, prebióticos e inmunostimulantes, características importantes de un alimento para la nutrición animal. Existen evidencias sobre inclusiones de harina de algas, demostrando ser una materia prima alternativa para la formulación de alimentos, debido a su aporte al rendimiento, digestibilidad, mejora de parámetros de salud, incluso favorece aspectos sensoriales en la carne de las especies del sector ganadero. La zona costera de Ecuador alberga una gran diversidad de especies de algas, de las cuales se dispone de poca información, acerca de sus propiedades nutricionales; para su consumo en la dieta animal y otros fines industriales. Estudios recientes han demostrado lo factible que es el uso de las harinas de microalgas, siendo las más utilizadas las de *Spirulina* (*Arthrospira* sp.) y *Chlorella* sp. y así como también, las de macroalgas; tales como *Rhodomenia howeana* y *Palmaria palmata* (rodofitas); además de *Ulva* sp. (clorofita), de *Lessonia trabeculata* y *Laminaria digitata* (feofita). La presente revisión conforma una integración de los avances tecnológicos sobre el uso directo y producción de biomasa algal como materia prima en la elaboración de balanceados para nutrición animal, en especies productivas del sector caprino, bovino, acuícola, avícola, porcícola y cunícola.

Palabras clave: algas; balanceados; biomasa; materia prima; nutrición.

Abstract

Algae have contribution of protein, minerals, fiber, antioxidants, prebiotics and immunostimulant, very important characteristics of a food for animal nutrition. There is evidence on inclusions of algae flour, proving to be an alternative raw material for food formulation, because to its contribution on performance, digestibility, improvement of health parameters, even favors the sensory aspects in the meat of the species of the livestock sector. The coastal area of Ecuador is home to a great diversity of species of algae, of which little information is available about their nutritional properties; for consumption in the animal diet and other industrial purposes. Recent studies have shown how feasible the use of microalgae flours is, the most used being those of *Spirulina* (*Arthrospira* sp.) and *Chlorella* sp., and as well as those of macroalgae; such as *Rhodomenia howeana* and *Palmaria palmata* (rhodophyta); in addition to *Ulva* sp. (chlorophyta), *Lessonia trabeculata* and *Laminaria digitata* (Phaeophyta). This review forms an integration of technological advances on the direct use and production of algal biomass as a raw material in the elaboration of balanced for animal nutrition, in productive species of the goat, bovine, aquaculture, poultry, pig and rabbit sectors

Keywords: algae; balanced; biomass; nutrition; raw material.



Introducción

Las algas constituyen organismos eucariotas y procariotas, tanto microscópicos y macroscópicos; las cuales han sido utilizadas desde tiempos milenarios como alimento, principalmente en países asiáticos y su demanda ha aumentado en las últimas décadas en países de Norte América, Sudamérica y Europa, principalmente por la gran migración de asiáticos a otros países del mundo (Gutiérrez et al., 2017; Rojas et al., 2018).

Los productos derivados de las algas marinas han tenido éxito en la industria y por esto la demanda se ha incrementado, de tal forma que, diversos países han dado inicio al cultivo de las especies comerciales, debido al éxito económico proveniente del cultivo y extracción de macroalgas. Esta actividad ha sido adoptada también en Chile, Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Perú (Montoya et al., 2017).

La producción de algas es actualmente apenas una fracción de la producción mundial respecto a las plantas terrestres; ya que son aproximadamente 30 millones de toneladas, valoradas en alrededor de US\$ 8000 millones. Asia es el continente de mayor producción y destacan China, Indonesia, Filipinas, República de Corea, Japón y Malasia (Berger, 2020).

La alimentación animal, históricamente compite por materias primas con la alimentación humana (Borrás y Torres, 2016). Las algas marinas y ciertas microalgas de agua dulce son bien reconocidas por su riqueza en fibra, proteínas, lípidos y minerales (López et al., 2016; Suarez et al., 2018; Fernández y Elmer, 2019).

En estudios realizados se demuestra que, con el suplemento de algas marinas proporcionadas al ganado vacuno se alcanzó una producción de leche significativamente alta y mejorada en un 4% de grasa a diferencia de otros grupos, esto con el uso de 20% de algas pardas (*Sargassum wightii*) en la mezcla de balanceado (Singh et al., 2017).

En cuanto al renglón avícola, se ha descrito que con la incorporación del 3% de *Ulva lactuca* en balanceados para pollos se aumentó el rendimiento del músculo de la pechuga y así como una disminución de las concentraciones de lípidos séricos, colesterol y ácido úrico en pollos de engorde, en comparación con las aves alimentadas únicamente con dieta de maíz. Así mismo, en gallinas ponedoras, se ha reconocido la incorporación de algas rojas *Chondrus crispus* y *Sarcodiotheca gaudichaudii* por su efecto probiótico para mejorar la salud intestinal, la productividad y la calidad del huevo de gallinas (Bleakley y Hayes, 2017).

En los últimos años se ha registrado un incremento del 3,5% en el sector de alimentos y así se continuará acrecentando, debido al crecimiento de la población y al mejoramiento de la capacidad económica de las personas. Estos parámetros han marcado

el ritmo para el desarrollo de la agroindustria de alimentos balanceados debido al aumento en la demanda de proteína animal, la misma que proviene de la producción avícola, bovina, porcina, acuícola y así como también, cuyes y conejos (Piowar y Harasym, 2020).

Las demandas alimentarias junto con las nuevas orientaciones en el campo de la nutrición han impulsado una mirada hacia alimentos alternativos con mejores sabores saludables, nutritivos y de un costo accesible (Suarez et al., 2018; Bikker et al., 2020). Para el caso del uso de complemento alimenticio animal se han alcanzado logros mediante materias primas no convencionales y de buena calidad, como por ejemplo, el uso de harina de alga (Borrás y Torres, 2016; Sarmiento, 2019). No obstante, en Ecuador existe poca investigación sobre la aplicación de las algas marinas como fuente de alimentos, aun cuando se reconoce como un recurso abundante y con muchos potenciales; por lo que, se ha dado inicio al estudio de diversas algas en cuanto a su composición nutricional para revalorizar esta materia prima (Rojas et al., 2018).

Por ello, el objetivo de este trabajo fue la integración de información actualizada sobre la aplicación de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal, debido a que es poco conocida por parte del consumidor, así como sus bondades nutricionales.

Metodología

El trabajo correspondió a una revisión bibliográfica con rigor científico, siendo una investigación descriptiva con razonamiento lógico para sistematizar la información obtenida de fuentes informativas tales como, Scopus, Scielo, Redalyc, Dialnet, Springer, entre otras plataformas a nivel nacional e internacional, publicadas durante los últimos 5 años.

De acuerdo a las diferentes técnicas de revisión de literatura especializada, se ha realizado una secuencia ordenada a partir de la elección de una base de datos, obtenidas de fuentes primarias, secundarias y terciarias (Gómez et al., 2014), con respecto al uso de macroalgas marinas y de agua dulce con elevada calidad nutricional para ser utilizadas como materia prima en la formulación de balanceados para la alimentación animal.

La esquematización de información se desarrolló mediante la inclusión de tablas integrativas sobre las algas más utilizadas en balanceados para nutrición animal y en las cuales se identificaron género, composición bioquímica, distribución geográfica y utilidad de estas en la alimentación animal; además, de comparar y describir las metodologías aplicadas en cuanto a la obtención e inclusión de harinas de algas en balanceados para nutrición avícola, porcina, bovina, acuícola, entre otros.

Resultados

La producción de alimento balanceado para animales se distribuye en cuatro sectores, a nivel mundial, el sector avícola que representa el 65%, porcícola el 14% y vacunos el 10%, y el porcentaje restante se distribuye para peces, equinos, conejos y preparaciones especiales (García, 2018). Las principales materias primas utilizadas en la producción de alimentos balanceados para animales provienen del sector primario (maíz, sorgo, soya, yuca y aceite crudo de palma), y del sector secundario (harina de carne, harina de pescado, salvado, tortas de ajonjolí, afrecho de cereales, entre otros); además, el 90% de las materias primas son importadas y solo el 10% corresponden a la producción nacional (Parra et al., 2016).

La harina de pescado se considera actualmente la materia prima más cotizada por su calidad nutricional, la cual puede registrar una fuente de energía concentrada entre 70-80% en forma de proteína, conteniendo además minerales y vitaminas en cantidades importantes (Pino et al., 2019).

Con relación a la harina de maíz, se destaca su moderado contenido de ácido linoleico, energía y proteína (Casas et al., 2016); sin embargo, cada vez es menor la disponibilidad de estas materias primas requeridas para la elaboración de los alimentos, debido a que, ocupan más suelo agrícola, afectando el ambiente e indirectamente la salud de las personas para su obtención (Campos y Arce, 2016).

En países de la Unión Europea, aún es limitada la producción y aplicación de algas, aproximadamente el 0,3% con respecto a la obtención mundial, encontrándose muy lejos de países como China e Indonesia, que proporcionaron el 47 y el 35%, respectivamente. Actualmente, países como Francia ocupan la primera posición con 58.812 toneladas de algas verdes y pardas, con industrias procesadoras, en España con 2.154 toneladas, Italia con 1.200 toneladas, y por último, países que se dedicaron muy poco a su producción, tales como Perú, Colombia, Brasil, México y Venezuela.

Las algas son una alternativa interesante a otros biocombustibles, suplementos alimenticios para animales, medicinas y antioxidantes, que pueden convertirse en un recurso para las comunidades que lo necesiten (Espinosa et al., 2020). La zona costera de Ecuador es una fuente de gran diversidad de macroalgas, específicamente en la provincia de Santa Elena, entre las cuales se encuentran las algas rojas: *Acanthophora spicifera*, *Hypnea spinella* y *Kappaphycus alvarezii* (algas rojas), y representantes de algas pardas, tales como, *Padina pavonica* y *Spatoglossum scroederi*, para el caso de las algas verdes, diversas especies del género *Ulva* (figura 1); de las cuales se requiere de estudios para conocer sus propiedades nutricionales; a fin de lograr su cultivo sustentable para incrementar su producción y consumo en la dieta animal y otros fines industriales (D'Armas et al., 2019). No obstante, actualmente se están realizando estudios como materia prima complementaria de balanceados comerciales para nutrición avícola. Por lo que, la agroindustria a nivel de Ecuador podría ser el sector más prometedor para la producción de biomasa de algas.

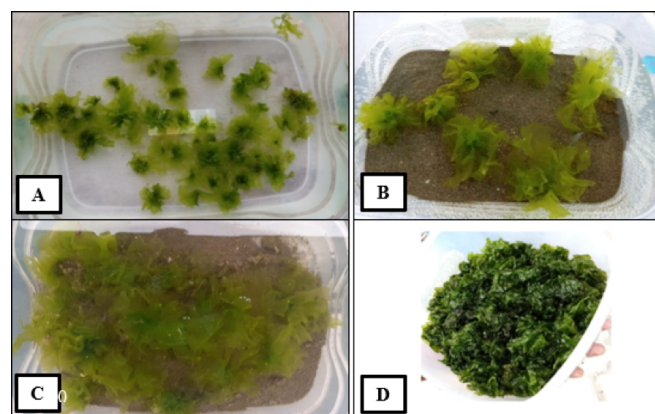


Figura 1. Cultivo artesanal discontinuo de *Ulva* sp. (A) Siembra, (B) Crecimiento, (C) Maduración y (D) Cosecha.

Se ha encontrado que los resultados de fibra detergente neutro “FDN” (componentes como hemicelulosa, celulosa, lignina, entre otros) de las algas marinas son comparables a otros forrajes, tales como alfalfa, maíz y trigo, teniendo aproximadamente el 45% de FDN (Ford et al., 2020). El 30% de la producción mundial está destinada al consumo animal y, de hecho, el 50% ha sido con la aplicación de microalgas del género *Arthrospira*.

Otras especies tales como *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Spirulina*, tienen aspectos beneficiosos para los animales, debido a que mejoran su respuesta inmune, infertilidad, control de peso, piel más sana y pelo brillante. Se utilizan en la alimentación de gatos, perros, peces, camarones, aves, caballos y ganado vacuno; sin embargo, no se recomienda la alimentación prolongada sobre todo a altas concentraciones, en especial las dietas a base de cianobacterias. Se ha determinado que por lo menos, hasta un 10% de la dieta conformada por *Chlorella* no presentó toxicidad (Hernández y Labbé, 2014).

Las macroalgas marinas *Porphyra*, *Ulva* y *Alaria* contienen vitamina C en concentraciones similares al limón. Una porción de 100 g de *U. lactuca* aportó aproximadamente 257 mg de calcio, semejante al aporte del queso. Entre los microelementos se incluyeron Cu, Se, Mo, F, Mn, B, Ni y Co (Montoya et al., 2017). Los carotenoides constituyen uno de los principales compuestos de las algas y son considerados como compuestos esenciales para la salud, crecimiento, metabolismo y reproducción en los peces (Velasco y Gutiérrez, 2019). Su aplicación en la alimentación de peces ha tenido interés desde una doble perspectiva; la primera, reduciendo la dependencia de insumos derivados de las pesquerías, y la segunda, mejorando el estado de condición de los animales en las distintas etapas de su vida productiva (Vizcaino, 2016).

Hoy en día se demandan suplementos alimenticios más naturales y seguros que mejoren la salud animal y bienestar, que respondan al sistema agroalimentario y a las necesidades de los consumidores, de manera sustentable, de los cuales se han probado en distintas especies animales para comprobar sus beneficios, tal como se observa en la figura 2.

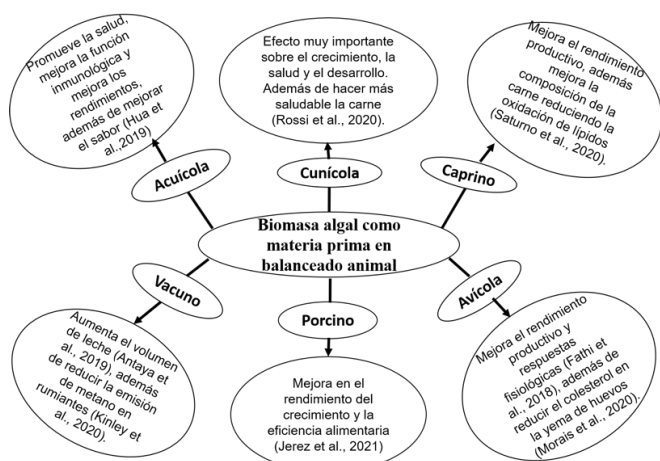


Figura 2. Algunos efectos de la suplementación de biomasa algal en el balanceado animal, con base a estudios de diversos autores.

En Argentina, se ha estudiado el uso de algas para la alimentación de camarones, se han probado extractos de wacame (*Undaria pinnatifida*) como aditivo alimenticio del camarón (*Artemesia longinaris*) y registraron una mejora en el crecimiento evidenciado en un mayor peso. También en la nutrición piscícola se evaluó la alimentación del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) con un alga marina roja (*Pyropia columbina*) y se observaron efectos beneficiosos sobre el metabolismo de los lípidos en los peces a diferencia de los que no se alimentaron con algas (Camurati et al., 2019).

Las especies de *Sargassum* del golfo de California han sido utilizadas como forraje para cabras y ovejas, y en dietas balanceadas para pollos y camarones (Casas et al., 2016). Varias especies de microalgas que incluyen *Spirulina*, *Clorella*, y *Esquizoquitrio* sp., y macroalgas como *Laminaria* sp. y *Ulva* sp. se puede incorporar como fuentes de proteínas en las dietas de aves, cerdos, vacas, ovejas y conejos. La incorporación de algas pardas de los géneros *Fucus* y *Sargassum* al 4% en la mezcla concentrada de cabras adultas, aumentó las concentraciones de glucosa, proteína total, Cu y Zn, sin ningún impacto adverso sobre otros metabolitos sanguíneos (Yengkhom et al., 2019). La suplementación a largo plazo tanto de las hembras lactantes como de las crías con altas dosis de algas pardas y polifenoles vegetales mejoró el rendimiento del crecimiento y los parámetros nutricionales y sensoriales de la carne (Rossi et al., 2020).

La inclusión de *Asparagopsis* sp. al 0,05; 0,10 y 0,20% en ganado vacuno alimentado con una dieta rica en cereales, resultó en una disminución de la producción de metano ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de biomasa seca) de 9, 38 y 98%, respectivamente, sin comprometer la ingesta de alimento. La tasa de crecimiento de los novillos fue mejorada por

los niveles de inclusión de 0,10 y 0,20% después del período de finalización de 90 días con incrementos de crecimiento de peso promedio diario de 26 y 22%, respectivamente. Esto demostró que *Asparagopsis* sp. puede ser un actor clave para reducir la emisión de metano en los rumiantes, sin efectos secundarios; sin embargo, las algas marinas deben agregarse al alimento normal como complemento alimenticio para que sea eficaz (Kinley et al., 2020), esto mitigaría el problema mundial del ganado ya que es una fuente importante de emisiones de metano (Ávila et al., 2016), tal como se observa en la figura 3.



Figura 3. Inclusión de *Asparagopsis armata* (rodofita) en la dieta de vacas lecheras lactantes para reducir la emisión de metano entérico en más del 50%. Fuente: Roque et al., 2019.

Ulva lactuca ha sido reportada como un alimento bajo en energía y alto en proteínas adecuado para ovejas y cabras. Aun con ello, pueden no ser adecuadas para la suplementación en ovejas gestantes, ya que se ha informado que interfirieron con la inmunidad pasiva en corderos, aumentaron la tasa de mortalidad y provocaron abortos (Bleakley y Hayes, 2017). La mayor parte de las investigaciones sobre la incorporación de algas en la alimentación animal se ha aplicado en aves de corral y engorde, gracias a su rápido crecimiento y corto ciclo de vida (Bleakley y Hayes, 2017).

Por otra parte, se ha observado que, enriquecer el balanceado de un pollo de engorde con algas verdes, o una mezcla de algas verdes y rojas, estimularon tanto el crecimiento como la salud. Adicionalmente, las algas del género *Ulva*, han demostrado que con su inclusión de 1 a 3%, se incrementó la producción y calidad de los huevos, aumentando el peso, grosor de la cáscara, mejor color y reducción del colesterol de la yema; así mismo, el extracto de algas también redujo la presencia de *Escherichia coli* en las heces y carne, lo que sugiere una mejor salud de los animales y una tasa de conversión alimenticia decreciente (Moraes et al., 2020).

A continuación, se presenta un registro sobre la utilidad, composición química, y lugares de distribución de especies de algas de importancia en alimentación animal, tal como se observa en las tablas 1 y 2.

Las proteínas de las algas se extraen convencionalmente mediante métodos acuosos, ácidos y alcalinos, seguidos de varias rondas de centrifugación y recuperación utilizando

Tabla 1. Registro de microalgas de importancia alimenticia.

Especie de alga	Cultivo o recolecta	Utilidad	Composición química	Distribución geográfica	Referencia
<i>Arthrospira</i> sp.	Cultivo discontinuo y cultivo semicontinuo	Alimentación humana alimento para moluscos, alimento balanceado tilapia, bovinos y biorremediación	-Proteína: 55-70 % -Cenizas: 10,96% -Fibra: 14% -Grasa: 5,28% -Vitaminas, minerales, enzimas, ácidos grasos y aceites esenciales.	<i>Arthrospira platensis</i> se desarrolla en países de África, Asia y Sudamérica.	(Parra et al., 2019; Rivera et al., 2017; Barraza et al., 2020)
<i>Chlorella</i> sp.	Cultivo discontinuo y semicontinuo.	Alimento para el ganado; bivalvos, crustáceos y tilapia.	-Proteína: 39,85% -Fibra: 12% -Grasa: 10,7% -Lípidos: 20,8% -Ácidos grasos: 52% -Vitaminas, minerales, carbohidratos	Asia, México, EE.UU. y Sur América.	(Somruethai et al., 2017; Matos et al., 2018; Barraza et al., 2020; El-Sheekh et al., 2020)

Tabla 2. Registro de macroalgas de importancia alimenticia.

Especie de alga	Cultivo o recolecta	Utilidad	Composición química	Distribución geográfica	Referencia
<i>Rhodomenia</i> sp.	Recolecta	Uso farmacológico. Productoras de sustancias bioactivas y balanceados para ganado, peces y como alimento humano.	-Proteína: 28,56% -Cenizas: 21,08% -Fibra: 26% -Ácidos grasos: 90% -Ácidos grasos omega 3 -Aminoácidos esenciales carbohidratos, vitaminas y 10% de minerales.	Asia y en los mares de Norteamérica.	(Peralta et al., 2016; Rojas et al., 2018).
<i>Ulva</i> sp.	Recolecta	Fertilizante agrícola; biocombustibles; alimentación funcional de camarones, moluscos, peces, vacuno, cerdos, conejos, perros y pollos.	-Proteína: 27,38% -Fibra: 3,37% -Grasa: 0,48% -Ceniza: 24,07% -Energía: 3408,8 cal·g ⁻¹ -Vitaminas Minerales (K, Ca, Mg, Na, P) y aminoácidos esenciales.	Asia, Europa, países del norte, centro y sur América.	(Abram y Castellón, 2019; Sumarriva et al., 2019) la evidencia arqueológica más antigua del consumo de algas se encuentra a lo largo de la costa peruana e.g. en Pampa (ca. 2500 a. C.)

Tabla 2. Registro de macroalgas de importancia alimenticia. Continuación...

<i>Lessonia trabeculata</i>	Recolecta	Complemento alimenticio moluscos y peces; bioplásticos, agentes saborizantes; nutricosméticos y dietéticos.	-Proteína: 13,68% -Grasas: 10,51% -Hidratos: 74,62% -Cenizas: 20,0% -Vitaminas y minerales	Sudamerica	(Méndez y Amachi, 2018; Morales et al., 2019; Purcell et al., 2021)
<i>Laminaria digitata</i>	Recolecta	Balanceados (vacas, ovejas, cabras, aves, cerdos, camarones y peces). Aceites.	-Proteína: 21,5-32% -Cenizas: 36% -Fibra: 40%	Océano atlántico.	(Bikker et al., 2020; Mohammed et al., 2021)
<i>Palmaria palmata</i>	Recolecta	Condimento, cosmético; Medicina humana y alimentación para ganado y peces.	-Proteína: 20,8% - ácidos orgánicos: 10,61% -Fibra: 27,3% -Energía, lípidos, cenizas, vitaminas y minerales.	Costas norte océanos Atlántico y Pacífico.	(Bikker et al., 2020; Echave et al., 2021; Mohammed et al., 2021)
<i>Asparagopsis armata</i>	Recolecta	Aditivo en alimentos. Reducción de emisiones de metano entérico; cosmética y medicina. Plaguicida.	-Proteína: 15,5% -Cenizas: 8,57% -Fibra: 30% -Materia orgánica: 92,3% -Grasa: 8,33% -Vitaminas y minerales.	Se encuentra en el océano atlántico, Europa, África y Asia.	(Roque et al., 2019; Kinley et al., 2020)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Recolecta	Alimento para el ganado y acuicultura; biocombustible. Complemento alimenticio, cosmética y medicina.	-Proteína: 17% -Cenizas: 4,62% -Fibra: 0,64% -Grasa: 0,05% -Ácidos orgánicos, vitaminas y minerales.	Indonesia y continente americano.	(Xiren y Aminah, 2017; Adharini et al., 2020)

técnicas como ultrafiltración, precipitación o cromatografía. Los métodos de extracción química han sido especialmente eficaces para extraer proteínas de *Ascophyllum nodosum*, *Ulva* spp. y *Laminaria digitata* como alimento alternativo en rumiantes, porcinos y aves, siendo los alcaloides los de mayor presencia, seguidos de los del grupo α -amino, además de la realización de análisis bromatológicos para determinar cantidad de vitaminas, fibra, minerales, entre otros (Espinosa et al., 2020).

Discusión

Los resultados del estudio sugirieron que las algas representan una alternativa para reducir el uso de ingredientes químicos o sintéticos en la dieta de los animales y de poder reemplazar insumos en las formulaciones de balanceados para animales. Los efectos de su inclusión como aditivo o suplemento se han probado sobre el rendimiento del crecimiento, digestibilidad de nutrientes, actividades prebióticas, antioxidantes, antiinflamatorias e

inmunomoduladoras (Jerez et al., 2021), en la dieta de corderos (Bleakley y Hayes, 2017), ganado vacuno (Kinley et al., 2020), pez (Vizcaino, 2016), las gallinas ponedoras (Bleakley y Hayes, 2017) y pollos de engorde (Velten et al., 2018), conejos (Varela y Varela, 2019) y porcinos (Ford et al., 2020).

Con lo que respecta a ciertos tipos de algas, se ha determinado que las rodofitas; tales como *Palmaria palmata* contienen 21,9% de proteína y un contenido de grasa del 8,9% más alto que en los reportados en algas pardas que se registraron entre el 7 al 12% de proteína y de 1 al 6% de grasa, mientras el alga verde *U. lactuca* presentó un contenido de proteína de 16,2% y un contenido de grasa comparable de 1,3% con el de algas pardas (Corino et al., 2019).

Las algas marinas *Alaria esculenta*, *Laminaria digitata*, *Saccharina latissima* y *P. palmata* se comportaron similar, al ser ricas en almidón. La inclusión de estas algas en una dieta

de hasta 200 g·kg⁻¹ de concentrado produjo ciertamente efectos sutiles para la fermentación ruminal (Moneda et al., 2019).

La suplementación con algas podría ayudar a los pequeños rumiantes a combatir los efectos negativos de los factores de estrés a través de una mayor actividad antioxidante, una mejor resistencia a las enfermedades, una mayor estabilidad del color y una vida útil prolongada de la carne (Kannan et al., 2019), estando de acuerdo con lo expuesto por Nayhara et al. (2019) que además puede contribuir a atenuar los efectos deletéreos del estrés en cabras lactantes, sobre todo los provocados por el ambiente.

Conclusiones

Las algas conforman un grupo de organismos fotosintéticos primarios a los cuales se les han identificado sus propiedades como materia prima para ser utilizadas como aditivo o complemento alimenticio animal por su composición bioquímica y nutricional necesarias para el crecimiento, engorde y mejoramiento de la salud animal.

Por ello, los alimentos con la incorporación de harina de algas representan una alternativa en la dieta de animales, logrando alcanzar similares o mejores resultados de los que se consiguen con insumos tales como la harina de pescado, maíz, soya y ciertos productos vitamínicos y prebióticos que se utilizan para enriquecer los piensos.

Los efectos de su uso han favorecido el rendimiento, crecimiento, digestibilidad en las especies suministradas; además, de poseer actividad prebiótica, antioxidante, hasta mejorar su sabor y aspectos sensoriales en la carne de las especies productivas en caprinos, vacunos (reduciendo emisiones de efecto invernadero y aumento del volumen de leche); peces (eficiencia de conversión alimenticia; camarones (estimulando el sistema inmune; langostas (disminuyendo el estrés y mejora en el sabor) y aves (incremento de la producción para engorde y postura; en porcinos (mayor rendimiento y composición de la carne) y en conejos (estimulando el crecimiento, salud y desarrollo).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Abram, C., y Castellón, C. (2019). Una dieta a base de harina de *Ulva lactuca* mejora el crecimiento de alevines de bauncos *Girella laevis* (Pisces: Kyphosidae). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 191-197.
- Adharini, R. I., Setyawan, A. R., Suadi y Jayanti, A. D. (2020). Comparison of nutritional composition in red and green strains of *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Gorontalo Province, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 147, 3-7.
- Ávila, A., Chávez, A., Cisneros, M., Morales, S., Ramos, S., Rentería, E., y Mata, M. (2016). Producción de metano en ganado rumiante. *Instituto de Innovación en Biosistemas para Zonas Áridas*, 1, 548-554.
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), 1-11.
- Bikker, P., Stokvis, L., van Krimpen, M. M., van Wikselaar, P. G. y Cone, J. W. (2020). Evaluation of seaweeds from marine waters in Northwestern Europe for application in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 263(114460), 1-14.
- Bleakley, S. y Hayes, M. (2017). Algal proteins: Extraction, application, and challenges concerning production. *Foods*, 6(5), 1-34.
- Borrás, L. y Torres, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido-FES. *Orinoquia*, 20(2), 47-54.
- Campos, C. Arce, J. (2016). Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Revista Nutrición Animal Tropical*, 10(2), 91-113.
- Casas, M., Sánchez, I., Serviere, E. Águila, R. (2016). Temporal changes in the biomass and distribution of *Sargassum* beds along the southeastern coast of the Baja California Peninsula. *Ciencias Marinas*, 42(2), 99-109.
- D'Armas, H., Jaramillo, C., D'Armas, M., Echavarría, A. Valverde, P. (2019). Proximate composition of several green, brown and red seaweeds from the coast of Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 61-68.
- Echave, J., Lourenço, C., Carreira, A., Chamorro, F., Fraga, M., Otero, P., García, P., Baamonde, S., Cao, H., Xiao, J., Prieto, M. Simal, J. (2021). Nutritional composition of the Atlantic Seaweeds *Ulva rigida*, *Codium tomentosum*, *Palmaria palmata* and *Porphyra purpurea*. *Chemistry Proceedings*, 5(67), 1-7.
- El-Sheekh, M., Abu-Faddan, M. and Abo-Shady, A. (2020). Molecular identification, biomass, and biochemical composition of the marine chlorophyte *Chlorella* sp. MF1 isolated from Suez Bay. *J. Genet. Eng. Biotechnol.*, 18, 27.
- Fernández, A. y Elmer, A. (2019). Taxonomía e importancia de "Spirulina" *Arthrospira jnneri* (Cyanophyceae: Oscillatoriaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 1091-1104.
- Ford, L., Curry, C., Campbell, M., Theodoridou, K., Sheldrake, G., Dick, J., Stella, L. y Walsh, P. (2020). Effect of phlorotannins from Brown Seaweeds on the in vitro digestibility of pig feed. *Revista Animals*, 10(2193), 1-16.
- García, E. (2018). *La producción de soya en la cadena de alimentos balanceados para animales*. In: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) Biblioteca Agropecuaria de Colombia, (BAC).
- Gómez, E., Fernando, D., Aponte, G. y Betancourt, L. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.



- Gutiérrez, R., González, K., Rivera, Y., Acosta, Y., y Marrero, D. (2017). Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. *Revista Investigaciones Marinas*, 37(2), 16-28.
- Hernández, A. y Labbé, I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157-173.
- Hua, K., Cobcroft, J., Cole, A., Condon, K., Jerry, D., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M., Zeng, C., Zenger, K. and Strugnell, J. (2019). The future of aquatic protein: Implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3), 316-329.
- Jerez, N., Sasánchez, M., Pulido, F. y Mendoza, J. (2021). Efecto de las algas pardas en la dieta (M. pyrifera). Aditivo sobre la calidad de la carne y la composición de nutrientes de los cerdos de engorde. *Revista Alimentación*, 10(1720), 1-11.
- Kannan, G., Terrill, T., Kouakou, B. and Lee, J. (2019). *Dietary brown seaweed extract supplementation in small ruminants*. pp. 291-312. In: N. Joshee, S. Dhekney and P. Parajuli (Eds.). Medicinal Plants.
- Kinley, R., Martinez, G., Matthews, M., de Nys, R., Magnusson, M., and Tomkins, N. (2020). Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production*, 259(20), 1-10. 120836.
- López, I., Vásquez, J. y Álvarez, V. (2016). Remoción biológica de nutrientes en aguas residuales urbanas con fotobiorreactores utilizando microalgas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3569-3580.
- Matos, P., Ferreira, W., Morioka, L., Moecke, E., França, K. and Sant'Anna, E. (2018). Cultivation of *Chlorella vulgaris* in medium supplemented with desalination concentrate grown in a pilot-scale open raceway. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 35(4), 1183-1192.
- Méndez, S. y Amachi, F. (2018). Aceptabilidad de ensilado de alga parda (*Lessonia trabeculata*) por el abalón rojo (*Haliotis rufescens*) en condiciones experimentales. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(3), 281-288.
- Mohammed, H., Grady, M., Sullivan, M., Hamill, R., Kilcawley, K. and Kerry, J. (2021). An assessment of selected nutritional, bioactive, thermal and technological properties of brown and red irish seaweed species. *Foods*, 10(2784).
- Montoya, E., García, Y. y Lira, C. (2017). Usos y aplicaciones de las macroalgas marinas: una revisión. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 56(2), 89-101.
- Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L. and Bahcevandziev, K. (2020). Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 1-24.
- Morales, C., Schwartz, M., Sepúlveda, M. y Quitral, V. (2019). Composición química y propiedades tecnológicas de alga roja, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*). *Revista de Ciencia y Tecnología*, 31, 1-10.
- Nayhara, R., Batista, J., Valente, N., Santos de Andrade, A., Alves, A., Claudionor, S., Santos, A., Silva, E., Adson, W. y Coelho and de Costa P., L. L. (2019). Mitigating heat stress in dairy goats with inclusion of seaweed *Gracilaria birdiae* in diet. *Small Ruminant Research*, 171, 87-91.
- Parra, A., Acosta, C., Andrade, J. y Guerra, M. (2016). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos de las vísceras del cuy (*Cavia porcellus*) y su uso potencial en la alimentación animal. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 63(2), 124-134.
- Parra, J., Torres, A., Rojas, D., Arredondo, B. y Fernández, R. (2019). Comparación nutricional entre dos cepas de *Arthrospira maxima* de origen geográfico incierto. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(2), 45-60.
- Peralta, E., Caamal, E., Robledo, D., Hernández, E. and Freile, Y. (2016). Lipid characterization of red alga *Rhodomenia pseudopalmata* (Rhodymeniales, Rhodophyta). *Psychological Research*, 65(1), 58-68.
- Piwowar, A. and Harasym, J. (2020). The importance and prospects of the use of algae in agribusiness. *Sustainability*, 12(14), 1-13.
- Purcell, D., Packer, M., Wheeler, T. and Hayes, M. (2021). Aquaculture production of the brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Macrocystis pyrifera*: Applications in food and pharmaceuticals. *Molecules*, 26(5), 1306. <https://doi.org/10.3390/molecules26051306>
- Rivera, M., Gómez, L. y Cubillos, J. (2017). Efecto de ácidos húmicos sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *Arthrospira platensis* (Cianobacteria). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(1), 71-80.
- Roque, B., Salwen, J., Kinley, R. and Kebreab, E. (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234, 132-138.
- Rossi, R., Vizarri, F., Ratti, S., Palazzo, M., Casamassima, D. and Corino, C. (2020). Effects of long-term supplementation with brown quality parameters. *Animals*, 10(2443), 14.

- Sarmiento, J. (2019). La producción piscícola en Patagonia Norte, Argentina: Un análisis de las trayectorias de upgrading. *Revista AquaTIC*, 1(54), 25-37.
- Singh, B., Chopra, R. and Rai, S. (2017). Nutritional evaluation of seaweed on nutrient digestibility, nitrogen balance, milk production and composition in sahiwal cows. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 87, 437-443.
- Somruethai, B., Wanna, C., Sarote, S. and Yusuf, C. (2017). Heterotrophic production of *Chlorella* sp. TISTR 8990-biomass growth and composition under various production conditions. *Biotechnology Progress*, 33(6), 1589-1600.
- Sumarriva, L., Castro, A., Sotelo, A. y Chávez, N. (2019). Evaluación biológica de proteína, vitaminas, minerales y aminoácidos del alga comestible *Ulva lactuca* "lechuga de mar" del litoral peruano. *Rev. Soc. Quím.*, 85(1), 34-42.
- Velasco, J. y Gutiérrez, M. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista Politécnica*, 15(30), 82-93.
- Vizcaíno, A. (2016). Evaluación de la harina de algas como ingrediente en piensos de peces marinos. *Journal of Applied Phycology*, 28(5), 2843-2855.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Francisco Javier Vásquez García	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Ever Dario Morales Avendaño	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.